

УДК 620.179.1

М.В. Карускевич, канд. техн. наук
О.М. Карускевич
Т.П. Маслак

УТОМА КЛЕЄЗВАРНИХ І ЗАКЛЕПОЧНИХ З'ЄДНАНЬ, ОБРОБЛЕНИХ АНТИКОРОЗІЙНИМИ ЗАХИСНИМИ СПОЛУКАМИ

Аерокосмічний інститут НАУ, e-mail: vbif@i.com.ua

Наведено результати дослідження впливу плівкоутворюючих інгібованих нафтових сполук на втому елементів конструкцій літаків Ан-24 і Ан-26. Апробовано методику діагностики ранніх стадій пошкоджень від утомленості, яка базується на кількісній оцінці рельєфу поверхні, що виникає під дією циклічних навантажень. Розроблено рекомендації до застосування плівкоутворюючих інгібованих нафтових сполук для захисту конструкцій літаків Ан-24 і Ан-26 від корозії.

Вступ

Корозія є найбільш поширеним експлуатаційним дефектом, який суттєво впливає на економічну ефективність і безпечність повітряного транспорту. Одним з ефективних засобів додаткового антикорозійного захисту елементів конструкцій є застосування плівкоутворюючих інгібованих нафтових сполук (ПНС) [1–3]. Після нанесення на металічну конструкцію такі матеріали утворюють тонку еластичну захисну плівку, витісняють вологу із конструктивних зазорів і щілин і таким чином запобігають виникненню корозії. Крім того, ПНС уповільнюють розвиток сформованого корозійного пошкодження.

Під час проведення досліджень функціональних властивостей ПНС було встановлено, що в деяких випадках можливий негативний вплив антикорозійних сполук на характеристики втоми конструктивних з'єднань.

У зв'язку з цим очевидна необхідність тестування антикорозійних матеріалів за критеріями їх впливу на втому конструктивних елементів.

Методика дослідження функціональних властивостей ПНС та методика визначення впливу антикорозійних сполук на характеристики втоми конструктивних клеєзварних і заклепочних з'єднань і результати випробувань дозволяють рекомендувати досліджені сполуки для додаткового захисту конструкцій повітряних суден (ПС) від корозії. Методика діагностики ранніх стадій пошкодження від утомленості базується на кількісній оцінці рельєфу поверхні, який формується на поверхні елементів обшивки поблизу концентраторів напружень.

Корозія конструкцій повітряних суден і методи її запобігання

Сучасні літаки експлуатуються в різноманітних кліматичних зонах: у повітряному середовищі, забрудненому пилом і корозійно-активними газами, в умовах різких коливань темпера-

тури і вологості повітря, що, діючи разом з навантаженнями і вібраціями, призводить до корозії конструктивних елементів.

Спектр корозійних уражень ПС залежить від умов місцевості, де базується авіаційна техніка, умов, в яких працюють деталі у середині конструкції, тривалості експлуатації, якості догляду за авіаційною технікою та ін.

Корозійні пошкодження відповідальних елементів конструкції відмічаються уже на початковому періоді експлуатації. Корозії підлягають як зовнішні, так і внутрішні поверхні планера літака. Характерним є скупчення корозії у визначених зонах, які однакові для ПС різних типів і різних поколінь.

Такими зонами є:

- підпільна частина фюзеляжу;
- надпільна частина фюзеляжу в місцях встановлення санвузлів і буфетів;
- ніші акумуляторних батарей;
- місця кріплення стрічок металізації, розрядників у статичному струму;
- місця контакту деталей з гігроскопічними матеріалами, прокладками;
- зони, що являють собою межу між герметичною і негерметичною частинами фюзеляжу, мають перепад температур і конденсацію вологи;
- ділянки контакту різнорідних в електромеханічному відношенні металів у місцях руйнування захисних покриттів;
- внутрішня поверхня центроплана і крил;
- зовнішня поверхня обшивки планера і інші деталі, що знаходяться під дією атмосферних факторів.

Починаючи з сімдесятих років за кордоном, для підвищення корозійної стійкості парку літаків, що експлуатуються, і в процесі їх виробництва широко застосовують додаткові засоби захисту ПНС. Ці матеріали є профілактичними, періодично відновлювальними засобами захисту

від корозії виробів в процесі експлуатації, а також при зберіганні і транспортуванні. За кордоном застосовується загальне позначення цих засобів – WDCI.

Розробка ПНС спеціально для цивільної авіації проводилася раніше переважно в Державному науково-дослідному інституті цивільної авіації (Москва), за участю лабораторії експлуатаційної надійності і довговічності літакових конструкцій при Національному авіаційному університеті. У результаті цієї роботи були розроблені антикорозійні сполуки, рекомендовані для додаткового захисту конструкцій ПС цивільної авіації.

Накопичений у Національному авіаційному університеті досвід дослідження функціональних властивостей ПНС дозволив сформулювати поставлені вимоги до антикорозійних матеріалів, що застосовуються в авіації, а також розпочати цикл робіт щодо створення вітчизняних конкурентоспроможних ПНС.

Під час впровадження розроблених матеріалів необхідне проведення спеціальних досліджень, які підтвердять можливість їх застосування на конкретних типах ПС.

Розроблена в Національному авіаційному університеті методика дослідження функціональних властивостей антикорозійних матеріалів використана при обґрунтуванні можливості застосування для антикорозійного захисту конструкцій літаків Ан-24, Ан-26 раніше рекомендованих сполук НГ-222, Дінітрол і нової, розробленої в Національному авіаційному університеті антикорозійної сполуки “АСА” [4].

Методика дослідження функціональних властивостей плівкоутворюючих інгібованих нафтових сполук

Об'єктами дослідження були антикорозійні матеріали і зразки для випробувань на втому, виготовлені із панелей обшивки підпільної частини фюзеляжу літака Ан-24 і Ан-26. Проведено тестування:

– вітчизняних і закордонних антикорозійних сполук, які раніше були рекомендовані як додаткові засоби антикорозійного захисту конструкцій ПС і іншого призначення;

– антикорозійної сполуки “АСА”, що була розроблена в Національному авіаційному університеті спеціально для захисту авіаційних конструкцій.

Для проведення випробувань на втому підготовлено зразки стрингера, перпендикулярного осі навантаження, які являють собою фрагменти тих ділянок обшивки, які оброблюються при експлуатації і ремонті антикорозійними матеріалами (рис. 1).

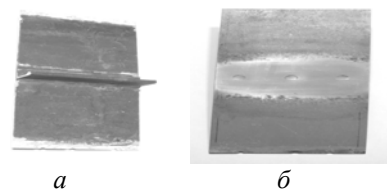


Рис. 1. Зразок для випробувань на втому:
а – зовнішня поверхня зразка; б – внутрішня поверхня зразка

При вказаній ширині зразка 90 мм, довжиною 220 мм в його поперечному перерізі знаходяться три точки кріплення стрингера до обшивки. Кріплення стрингера до обшивки виконано заклепками або клеєзварюванням.

Випробування на втому були виконані на стандартній гідропульсаційній машині МУП-50.

Для підвищення продуктивності машина оснащена багатозахватним пристроєм, який дозволяє одночасно випробовувати вісім зразків. Таким чином була одержана можливість виконати дослідження в статистичному аспекті, що необхідно для одержання достатньо надійних результатів і висновків.

Ураховуючи те, що ПНС у ряді випадків разом з позитивною дією можуть викликати небажані побічні ефекти, зокрема, впливати на характеристики втоми, була запропонована спеціальна сертифікаційна програма, яка дозволяла всебічно вивчити властивості розроблюваних ПНС і включала проведення досліджень:

- захисних властивостей;
- побічних ефектів;
- режимів, які моделюють експлуатаційні умови;
- властивостей ПНС при експлуатаційних температурних режимах;
- сумісності ПНС з лакофарбовими покриттями, що застосовуються.

Оскільки значна частина програми реалізована при дослідженні функціональних властивостей сполук, розробниками антикорозійних сполук і організацією, яка рекомендувала сполуки до застосування, необхідним було виконати дослідження властивостей, які можуть обмежувати застосування сполук для захисту конкретних типів конструкцій. У зв'язку з цим, програмою дослідження передбачалося проведення випробувань на втому конструктивних елементів після їх обробки антикорозійними сполуками.

Випробування на втому були проведені при циклічних напруженнях, близьких за величиною до експлуатаційних, максимальне напруження від нульового синусоїдального регулярного циклу навантаження становило 100 МПа.

Антикорозійні матеріали наносились на конструктивні елементи в процесі їх циклічного навантаження. Такий режим нанесення сполук забезпечує їх проникнення в щілину з'єднання, що спостерігається в реальних експлуатаційних умовах.

За результатами випробувань були визначені статистичні характеристики втоми груп зразків, оброблених антикорозійними сполуками, і вироблені рекомендації щодо застосування антикорозійних матеріалів.

Апробація методики діагностики ранніх стадій пошкодження від втоми за станом поверхні поблизу концентратора напружень

Процес втоми металів включає стадію формування тріщини втомленості і стадію її розповсюдження. Контроль за процесом формування тріщини дозволяє визначати пошкодження на ранній стадії і таким чином запобігати катастрофічного руйнування. Під час проведення випробувань на втому в лабораторних умовах рання діагностика дозволяє суттєво скоротити їх тривалість. Одним із перспективних методів визначення накопиченого пошкодження від утомленості є метод [5], що базується на можливості кількісної оцінки стану поверхні деформованих металів. Діагностичним параметром пошкодження є щільність смуг ковзання на поверхні поблизу концентратора напружень.

Розроблену методику застосовано для ранньої діагностики клеєзварних з'єднань, які випробувались з метою визначення впливу плівкоутворюючих сполук на їх довговічність.

Зразки періодично знімалися з випробувань і за допомогою металографічного оптичного мікроскопа і цифрової камери проводилось дослідження та реєстрація стану поверхні. Також як і в проведених раніше дослідженнях [5] було встановлено, що деформаційний рельєф формується після декількох тисяч циклів навантаження і розвивається впродовж всього інкубаційного періоду втоми, тобто до появи тріщини втомленості. Проте дослідження деформаційного пошкодження поблизу точки клеєзварювання вказало на особливості розподілення пошкодження поблизу концентратора напружень. На відміну від розглянутого раніше [5] розподілення напружень і пошкоджень поблизу отвору, де спостерігалась їх локалізація на невеликій площині безпосередньо біля отвору, у випадку з'єднання елементів зварюванням, зоною найбільшого пошкодження є значна ділянка поверхні, ширина якої

приблизно дорівнює діаметру зони зварювання і яка простягається на весь переріз зразка.

На рис. 2 показано розподілення пошкодження поблизу зони зварювання.

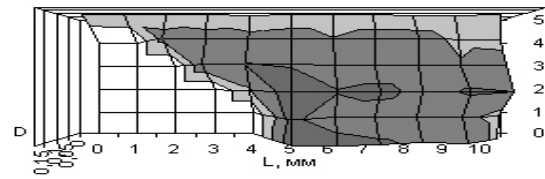


Рис. 2. Розподілення пошкодження поблизу зони зварювання:

L – відстань від центру зони зварювання, мм; D – параметр пошкодження

Параметр пошкодження D кількісно дорівнює відносній площі поверхні, що має сліди деформації, тобто смуги ковзання.

Результати випробувань

Обробка виконувалась сполуками AV-25 виробництва фірми “Dinitrol” (Швеція), НГ-222А (Росія), “АСА”, розробленої в Національному авіаційному університеті. Частина зразків для порівняння антикорозійною сполукою не оброблювались.

Загальна кількість випробуваних зразків становила 92. Руйнування зразків переважно проходило по обшивці по лінії з'єднання обшивки зі стрингером у випадку як клеєзварного з'єднання, так і заклепочного. З метою скорочення тривалості дослідження випробування припинялись при досягненні ними базового значення довговічності. Таким чином сукупність випробуваних зразків утворювала цензуровану вибірку. Ступінь зрізання вибірки визначався як відношення кількості незруйнованих до базової довговічності зразків до загальної кількості.

У проведеному дослідженні за базову прийнята довговічність, що дорівнювала 10^6 циклів. Оцінку математичного сподівання і середнього математичного відхилення визначали відповідно методики [6], за якою визначався порядок розрахунку параметрів розподілення для цензурованої справа вибірки.

Як видно з наведених результатів розрахунку статистичних параметрів і відповідних діаграм, в усіх розглянутих випадках застосування ПІНС привело до деякого зменшення значень середнього квадратичного відхилення числа циклів до зруйнування. Для заклепочних з'єднань така зміна більш суттєва.

Проникнення сполук у щілину з'єднань обшивки зі стрингером призводить до “вирівнювання” умов роботи з'єднань, що можна вважати

одним із позитивних результатів антикорозійної обробки.

Математичне сподівання логарифма числа циклів до зруйнування також змінювалося незначно. Ці зміни становили: для заклепочних з'єднань, оброблених сполукою НГ222А, плюс 0,3%, сполукою АВ-25, мінус 2,5%, сполукою "АСА", плюс 2,7%; для клеєзварних з'єднань, оброблених сполукою НГ222А, плюс 4,8%, сполукою АВ-25, плюс 1,9%, сполукою "АСА", плюс 2,5%.

Висновки

Функціональні властивості матеріалів, які застосовуються для додаткового антикорозійного захисту авіаційних конструкцій, можуть бути досліджені відповідно з розробленої в Національному авіаційному університеті програмою.

Під час проведення випробувань доцільне використання методики діагностики накопиченого пошкодження від утомленості за станом поверхні плакуючого шару конструкційних алюмінієвих сплавів.

Методика дозволяє визначити зони найбільшого деформаційного пошкодження, спрогнозувати залишковий ресурс і скоротити тривалість випробувань.

Можливість негативних побічних ефектів застосування антикорозійних матеріалів визначає необхідність їх тестування за критеріями впливу на характеристики втомних конструктивних з'єднань.

Проведене дослідження впливу додаткових антикорозійних обробок на втому заклепочних і клеєзварних з'єднань показало, що сполуки НГ-222А, АВ-25 і "АСА" можуть бути рекомендовані для додаткового антикорозійного захисту конструкцій літаків Ан-24, Ан-26.

Список літератури

1. *Проведение исследований влияния профилактических покрытий на усталостную долговечность конструктивных элементов самолетов ГА; Отчет о НИР / КИИГА; Руководитель И.Г. Павлов; № ГР 01.87.0047561. – К., 1988. – 88 с.*
2. *Рекомендации по дополнительной защите от коррозии самолетов и вертолетов ГА. – М.: ЦНТИ ГА, 1988. – 41 с.*
3. *Технологическая инструкция по дополнительной защите от коррозии пассажирских самолетов ГА противокоррозионными профилактическими составами. – М.: ЦНТИГА, 1985. – 15 с.*
4. *Декларационный патент. Композиционный защитный материал "АСА" / В.В. Бойко, С.Р. Игнатович, М.В. Карускевич та ін. UA 49186 А, С 10М165/00, С10N30/12,10/02. Опубл. 16.09.02 // Бюл. №9. – 1 с.*
5. *Моніторинг утоми конструкційних алюмінієвих сплавів / С.Р. Ігнатович, М.В. Карускевич, О.М. Карускевич та ін. // Вісн. НАУ, 2004. – № 1. – С. 88–91.*
6. *Степнов М.Н. Статистические методы обработки результатов механических испытаний: Справ. – М.: Машиностроение, 1985, – 255 с.*

Стаття надійшла до редакції 21.12.04.

М.В. Карускевич, О.М. Карускевич, Т.П. Маслак

Усталость клеесварных и заклепочных соединений, обработанных антикоррозионными защитными составами

Приведены результаты исследования влияния пленкообразующих ингибированных нефтяных составов на усталость элементов конструкций самолетов Ан-24 и Ан-26. Апробирована методика диагностики ранних стадий усталостного повреждения, основанная на количественной оценке рельефа поверхности, возникающего в результате действия циклических нагрузок. Разработаны рекомендации по применению пленкообразующих ингибированных нефтяных составов для защиты конструкций самолетов Ан-24 и Ан-26 от коррозии.

M.V. Karuskevich, O.M. Karuskevich, T.P. Maslak

Fatigue of the glue - spot welded and rivet joints, treated by anticorrosion protective coating

Research results of the influence of film forming inhibitor oil composition on fatigue of aircraft An-24 and An-26 structure elements are presented. The diagnostic methods for early fatigue stage, based on quantitative estimation of surface deformation relief under cyclic loading is approbated. Recommendations on practical use of film forming inhibitor oil composition for anticorrosion protection of An-24 and An-26 aircraft are developed.